

# Miljøvurdering af støvsugere

Miljørigtig udvikling af produktfamilier

Niels Fress  
Institut for Produktudvikling

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>9</b>
<b>2 FORMÅL</b>	<b>11</b>
<b>3 AFGRÆNSNING</b>	<b>13</b>
3.1 PRODUKTETS FUNKTION OG FUNKTIONELLE ENHED (DET STUDEREDE REFERENCEPRODUKT)	13
3.2 SYSTEMBESKRIVELSE	14
3.3 DATAGRUNDLAG	17
<b>4 OPGØRELSE</b>	<b>19</b>
4.1 DATAINDSAMLING OG -BEHANDLING	19
4.2 PROCESOVERSIGT	21
4.3 RESULTATBEREGNING	22
<b>5 VURDERING</b>	<b>25</b>
5.1 VURDERINGSMETODE	25
5.2 RESULTATER	26
<b>6 FORTOLKNING</b>	<b>29</b>
6.1 VÆSENTLIGSTE PÅVIRKNINGER	29
6.2 FØLSOMHEDSVURDERING	29
6.3 DISKUSSION	30
<b>7 REPRÆSENTATIVITET FOR PRODUKTFAMILIEN</b>	<b>31</b>
<b>8 FORBEDRINGSANALYSE</b>	<b>33</b>
8.1 DIAGNOSE	33
8.2 FORBEDRINGSPOTENTIALER	35
<b>9 TEKNISK OG FORRETNINGSMÆSSIG VURDERING AF MILJØMÆSSIGE FORBEDRINGSPOENTIALER</b>	<b>39</b>
9.1 AKTØRERNES ROLLE	39
9.1.1 <i>Producenter og underleverandører</i>	39
9.1.2 <i>Kunder og salgsorganisation</i>	40
9.1.3 <i>Bortskaffelseskæde</i>	40
9.1.4 <i>Lovgivere og myndigheder</i>	40
9.2 FORRETNINGSMÆSSIGE MULIGHEDER	41
<b>10 REFERENCER</b>	<b>43</b>
<b>BILAG A. MATRIX-LCA</b>	<b>45</b>

Bilag A. Matrix-LCA  
Bilag B. Beregningsresultater, vægtede

# Forord

Denne arbejdsrapport er udarbejdet som en del af projektet "Retningslinier for miljørigtig udvikling af produktfamilier indenfor den elektromekaniske industri", som er støttet af Miljøstyrelsen. Projektet omfatter 5 produktfamilier: Støvsugere, Ventilationsanlæg, Ekspansionsventiler, Mobiltelefoner og Belysning.

Rapporten omhandler miljøvurdering af støvsugere til husholdningsbrug samt vurdering af forbedringsforslag til produktet. Arbejdet er gennemført i samarbejde mellem IPU (Niels Frees), Nilfisk-Advance A/S (Helle Willumsen, Bent Jørgensen, Jakob Honoré) og med Dansk Industri (Tina Sternest).

Fra projektet er der udarbejdet følgende arbejdsrapporter:

- A117-3: Eksempel for et køleskab.
- A117-5: Identifikation af produktfamilier.
- A117-8: Miljøvurdering af ekspansionsventiler.
- A117-9: Miljøvurdering af støvsugere.
- A117-12: Miljøvurdering af ventilationssystemer.
- A117-13: Miljøvurdering af mobiltelefoner.
- A117-14: Miljøvurdering af belysning.

Herudover udgives en håndbog og en pjece for det samlede projekt.



# Sammenfatning og konklusioner

Baggrund	Denne rapport er udarbejdet som en del af projektet "Retningslinier for Miljørigtig Udvikling af Produktfamilier indenfor Elektromekanisk Industri", støttet af Miljøstyrelsen, og omhandler miljøvurdering af støvsugere til husholdningsbrug.
Produkter	Arbejdet er eksemplificeret ved støvsugeren Nilfisk GM400, som er repræsentativ for markedets "high-end" produkter, dvs. støvsugere som har en høj ydelse og god kvalitet. GM400 har en mærkeeffekt på 1200 Watt.
Formål og metode	Formålet med miljøvurderingen er at belyse, hvor i en støvsuger og dens livscyklus de væsentligste miljø- og ressourcebelastninger ligger, for senere at kunne pege på hvorledes miljøforbedringer kan opnås. Arbejdet er udført efter metoden udviklet i UMIP (Wenzel et. al., 1996a). Derudover følger arbejdet i store træk retningslinierne i ISO 14040/41/42. Beregningerne er udført i UMIP PC-værktøj version 2.11 beta (Miljøstyrelsen, 1999).
Data	Oplysninger om materiale- og energiforbrug er fremskaffet af Nilfisk A/S. Til miljøvurdering af disse er der primært anvendt data fra ovennævnte værktøjs database, men det har også været nødvendigt at etablere enkelte nye data.
Konklusion	<p>Miljøvurderingen viser, at brugsfasen giver anledning til de største vægtede miljøeffektpotentialer, hvilket skyldes energiforbruget under drift. Drivhus-effekt, forsurening, økotoksicitet, volumenaffald, slagge &amp; aske og radioaktivt affald er dominerende. Sidstnævnte kan tilskrives valget af europæisk (EU) elproduktion. Af de øvrige faser bemærkes materialefase, men denne modregnes delvist ved undgået produktion af nyt materiale, når materialerne genbruges. Det er derfor kritisk hvorledes støvsugeren bortskaffes.</p> <p>Med hensyn til ressourcer dominerer energiressourcerne til brugsfasen, samt råvareressourcerne kobber og nikkel til materialefase. Kobberet modregnes til en vis grad ved undgået produktion af nyt materiale, når materialerne genbruges. Det er ikke realistisk muligt at genvinde det anvendte nikkel, da det findes som overfladebelægning under forkromning.</p> <p>Sammenfattende konkluderes, at fokus skal sættes på energiforbruget under drift, men at alternative materialer til forniklet og forkromet stål kan overvejes, f.eks. plastrør. Endelig skal fokus sættes på støvsugerens genvinding, herunder især motoren af hensyn til kobberet.</p> <p>Forbedringsanalysen viser, at energiforbruget under drift kan nedbringes ved ved at nedsætte effektforbruget, idét samme sugesugereffekt opretholdes gennem minimering af tab i støvsugerens komponenter og optimering af virkningsgrader. En vis nedbringelse af sugesugereffekten kan muligvis accepteres, uden at brugeren vil opleve dette som en forringelse, hvorved effektforbruget yderligere kan nedbringes. Aktiv regulering af sugestyrken efter det aktuelle behov, f.eks. underlaget eller snavsoptag er en mulighed der kan arbejdes med. Med hensyn til ressourceforbruget er plastrør en mulighed, som kan eliminere forbruget af nikkel.</p>





# 1 Indledning

Denne miljøvurdering er udført som en del af projektet "Retningslinier for Miljørigtig Udvikling af Produktfamilier indenfor Elektromekanisk Industri", støttet af Miljøstyrelsen.

Arbejdet er udført på en støvsuger af mærket Nilfisk GM400, som repræsentant for markedets husholdningsstøvsugere med høj ydelse og god kvalitet.

Miljøvurderingen er gennemført af civilingeniør, Ph.D. Niels Frees, Institutet for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Universitet. Kritisk internt review er udført af civilingeniør Ole Willum, Institutet for Produktudvikling. Data er leveret af miljøchef Bent Jørgensen, udviklingschef Helle Villumsen og forskningsmedarbejder Peter Nøhr Larsen.

Dataindsamlingen er for en stor del udført i forbindelse med et eksamensarbejde af stud. polyt. Per Ravn Hermansen (Hermansen, 1999). Denne dataindsamling er udført meget detaljeret, og har derfor dels begrundet en række forenklinger i forbindelse med præsentationen i denne rapport og dels dannet grundlag for en analyse af hvilke komponenter i støvsugeren som specifikt medfører den største miljøbelastning i forbindelse med materialefremstilling og produktion.

Arbejdet er udført efter miljøvurderingsmetoden udviklet i UMIP og beskrevet i (Wenzel et. al., 1996a). Samtidigt er det tilstræbt at følge retningslinierne i ISO 14040/41/42 (ISO, 1997 & 1998), især med hensyn til rapportens opbygning. Beregningerne i forbindelse med studiet er udført ved hjælp af UMIP PC-værktøj, version 2.11 beta (Miljøstyrelsen, 1999), hvori der ligeledes er opbygget en model af produktet og dets livsforløb.



## 2 Formål

Dette er afrapporteringen af fase 2 og 3 af nærværende projekt vedrørende støvsugere.

I fase 2 gennemføres en miljøvurdering af produktfamilien af støvsugere. Der er herunder opbygget en model i UMIP PC-værktøj, som kan danne grundlag for miljøvurdering af støvsugere, idet den specifikke støvsuger, Nilfisk GM400, indgår som eksempel. Miljøvurderingen skal belyse, hvor i en støvsuger de væsentligste miljø- og ressourcebelastninger ligger.

I fase 3 gennemføres en forbedringsanalyse, dvs en diagnosticering, som bl.a. vil pege på hvorledes miljøforbedringer kan opnås. Forud for forbedringsanalysen vurderes det, om det vurderede produkt er repræsentativt for produktfamilien, eller på hvilke punkter det adskiller sig.



# 3 Afgrænsning

## 3.1 Produktets funktion og funktionelle enhed (det studerede referenceprodukt)

Type støvsugere	Den vurderede støvsuger er af fabrikat Nilfisk model GM 400. Støvsugeren er senere erstattet af model King.
Funktion	Støvsugerens funktion er at fjerne løstsiddende snavs (støv, partikler etc.) fra forskellige typer overflader af gulve, møbler og inventar i private husholdninger.
Nøgleenhed	Nøgleenheden er:

### **1 stk. støvsuger**

De vægtede resultater er beregnet per år af støvsugerens levetid. Opgørelsen og matrix-LCA'en er beregnet for hele støvsugerens levetid.

Det studerede object	Det studerede object (referenceproduktet) er:
----------------------	---

### **1 stk. 1200 W støvsuger Nilfisk GM400 ved gennemsnitligt brug gennem levetiden 12 år.**

Funktionel enhed	Den funktionelle enhed skal ses i relation til støvsugerens ydelse, som for gennemsnitlig brug defineres som: "En gennemsnitsfamilies støvsugning, forstået som en 2,2 personers families støvsugning af 100 m <sup>2</sup> boligareal 2 gange ugentligt sv. t. 50 h/år, gennem støvsugerens levetid"
------------------	---

Det gennemsnitlige brug er fremkommet således: 2,2 personer er gennemsnitsstørrelsen for en dansk familie og 100 m<sup>2</sup> er ca. gennemsnitsarealet af en dansk bolig (Danmarks Statistik, 1998). Ifølge en tysk undersøgelse (Dannheim, 1998) støvsuger en 2 personers familie gennemsnitlig 2 gange ugentligt og den benytter gennemsnitligt 45 timer/år på støvsugning. En 1 personers familie benytter 22 timer/år og en 3 personers 68 timer/år. Tallene viser næsten linearitet mellem antal familiemedlemmer og tid på støvsugning, og ekstrapoleres fra 2 personers familien til gennemsnittet 2,2 personer fås 49,5 ~ 50 timer/år.

Levetiden er beregnet for støvsugeren Nilfisk GM 400 ved gennemsnitligt brug (Villumsen, 1999) (Dannheim, 1998). Levetiden for motoren er estimeret til 1000 timer, svarende til 20 års levetid, men som regel er det andre faktorer som afgør levetiden (Villumsen, 1999). For støvsugere generelt er levetiden forventeligt ca. 10 år (Villumsen, 1999), hvorimod effekten kan antages at være den samme (Larsen, 1999).

Det studerede objekt generelt	For støvsugere generelt er det studerede objekt derfor:
-------------------------------	---

### **1 stk. 1200 W støvsuger ved gennemsnitligt brug gennem levetiden 10 år.**

Verifikation af den funktionelle enhed

Den fundne tid anvendt på støvsugning svarer godt til en undersøgelse fra Nilfisk (Villumsen, 1999), som siger 55 min. ugentligt sv.t . 47 2/3 timer/år. Ifølge den tyske undersøgelse er hastigheden der støvsuges med 26 s/m<sup>2</sup>. Med to ugentlige støvsugninger og 50 timer/år svarer dette til afsugning af ca. 67 m<sup>2</sup>. Da store dele af et boligareal ikke er tilgængelig for støvsugning grundet vægge, skabe og møbler eller eventuelt klares med anden rengøring passer de 67 m<sup>2</sup> afsuget areal godt til boligarealet 100 m<sup>2</sup>.

Den tyske undersøgelse er foretaget i 1998, men afspejler brugernes park af støvsugere som vel gennemsnitligt er ca. 6 år gamle. Dengang var støvsugernes mærkeeffekt noget mindre end i dag, nemlig ca. 900 Watt mod nu ca. 1200 Watt (Larsen, 1999). Man kunne derfor i princippet forvente, at tiden brugt på støvsugning er lavere for 1200 Watt støvsugeren end undersøgelsen viser, men dette er næppe tilfældet i praksis, da det er brugerens bevægelseshastighed som er afgørende. På f.eks. tæpper kan tiden måske endda være længere, da en kraftigere støvsuger er tungere at trække. En sekundær kvalitet er dog nok at der bliver suget mere rent, men det er ikke en kvalitet brugeren efterstræber i praksis, ved f.eks. at suge længere med en svagere støvsuger. Kun hvis støvsugeren bliver meget svag, f.eks. ved fyldt filter, vil brugeren opleve at der ikke bliver gjort rent, og derfor bruge længere tid på støvsugningen.

Ovennævnte bemærkninger om rengøringsevne og brugerens oplevelse af denne viser, at det i praksis er umuligt gennem den funktionelle enhed at benytte renliggørelse som et kvalitetskriterie for støvsugningen, og dermed for støvsugeren. Rengøringsevnen afhænger til dels af sugeeffekten, d.v.s. den mængde luft per tidsenhed som støvsugeren er i stand til at pumpe. Denne afhænger igen af støvsugerens virkningsgrad, defineret som sugeeffekt/mærkeeffekt. Foruden sugeeffekten har mundstykkernes udformning også en væsentlig indflydelse på rengøringsevnen. Brugere kan opleve det som en sekundær kvalitet at en støvsuger beviseligt gør bedre rent end en anden, men det vil næppe påvirke brugerens tid anvendt på støvsugning og dermed energiforbruget.

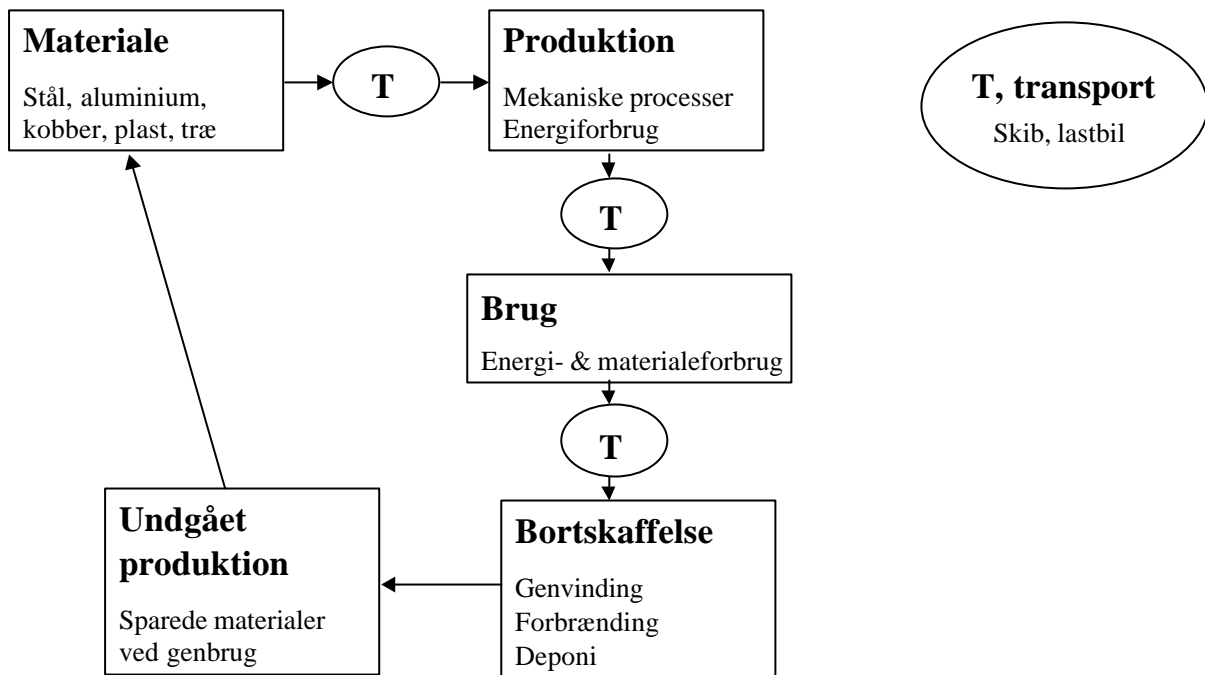
### 3.2 Systembeskrivelse

Studiets omfang

Studiet af støvsugere omfatter energi- og procesemissioner samt ressourceforbrug i forbindelse med ressourceudvinding og materialefremstilling, produktion, brug, bortskaffelse og transport. Materialefasen inkluderer foruden støvsugeren også emballage og manual. Brugsfasen omfatter drift af støvsugeren og fremstilling af de poser og filtre, som skiftes i brugsfasen. Posernes og filtrenes indhold af afsuget støv og snavs er ikke medregnet, da dette er uafhængigt af støvsugerens funktion. Det bidrag støvsugeren giver til opvarmning af boligen er ikke medregnet, hvilket skyldes at støvsugeren er geografisk afgrænset til at blive benyttet i EU (se kapitel 6). Studiet omfatter ikke arbejdsmiljø. Fremstilling af produktionsudstyr er heller ikke taget med.

Systemafgrænsning

Systemafgrænsningen fremgår af figur 1 og er ligeledes synlig i modellerne for støvsugeren, som er opbygget i UMIP PC-tool.



Figur 1 Livscyklusmodel for støvsuger

#### Forenklinger og udeladelser

En matrix LCA (bilag A) viser, at det akkumulerede energiforbrug til materialefremstilling og til produktion af Nilfisk GM 400 med 12 års levetid udgør henholdsvis ca. 8 og 3 % af det samlede energiforbrug i støvsugerens livscyklus. For støvsugere generelt med 10 års levetid er tallene ca. 10 og 4 %, eller muligvis mindre hvis der er sparet på materialerne. Under bortskaffelsen genvindes en del af materialerne svarende til ca. 4,5 % af det samlede energiforbrug. Energien til brugsfasen er ca. 91 % for GM400 og ca. 90 % for støvsugere generelt. Transportenergien er negligibel. Energiforbruget i brugsfasen har alt i alt væsentligst betydning, mens materialefremstilling, produktion og bortskaffelse har nogen betydning og bør dækkes i hovedtræk i den egentlige LCA, om ikke andet af hensyn til ressourcenvurderingen. Transport dækkes kun i grove træk.

For materialefase er eventuelt produktionsaffald og dermed ekstra materialeforbrug ikke indregnet. Betydningen heraf er meget lille, da produktionsaffald erfaringsmæssigt genanvendes meget effektivt.

Med undtagelse af et par elektrolytiske overfladebelægninger finder produktionen af støvsugeren og dens komponenter sted ved traditionelle maskinprocesser, som ikke giver anledning til væsentlige emissioner eller ressourceforbrug (Hermansen, 1999). Der er anvendt et erfaringsbaseret energiforbrug for hele produktet (Gydesen et.al., 1990) frem for en opgørelse af de enkelte processer, og enhedsprocesdata for de elektrolytiske processer er lagt til. Det erfaringsbaserede energiforbrug er valgt dels på grund den lille betydning af produktionen, og dels fordi enhedsprocesdata, som benyttes for produktionsprocesser generelt, har en meget usikker repræsentativitet i forhold til specifikke produktionsprocesser. Det er ikke indenfor dette projekts rammer at måle på de konkrete produktionsprocesser.

For bortskaffelsen er shredderprocesserne ikke medregnet, da de bidrager forholdsvist lidt i sammenligning med de efterfølgende genvindingsprocesser. For aluminium og især kobber vil der dog være et tab fra shredderprocessen, men dette tab er indregnet ved at det ikke medfører undgået produktion af primært materiale.

Ved en erfaringsbaseret gennemgang af de foretagne forenklinger skønnes det at højst få promille af de potentielt mulige ressourceforbrug og miljøeffekter er udelukket, herunder toksiske effekter, som vil være mest følsomme for de foretagne forenklinger.

**Geografisk og tidsmæssig afgrænsning** Støvsugerer Nilfisk GM400 antages produceret i Danmark; men brugt og bortskaffet i Europa (EU). Der er derfor valgt EU el-scenarie for brugsfasen og et EU bortskaffelsesscenarie. Til produktionen er valgt dansk el-scenarie. En del af støvsugerens komponenter er produceret i EU, men da energien til produktion er meget lille er der ikke taget hensyn til dette. Grundet den geografiske afgrænsning er støvsugerens bidrag til boligopvarmning ikke medregnet, da en stor del af støvsugerne benyttes i Sydeuropa, hvor der ikke er boligopvarmning, og muligvis air-condition om sommeren. De anvendte elscenarier er fra 1990-92, men der er udført følsomhedsanalyse på senere scenarier (kapitel 6).

**Systemudvidelse og undgået produktion** En stor del af en støvsuger bliver genvundet efter bortskaffelse, idet metaller og til dels plast vil blive omsmeltet, og papir fra emballage og manual recirkuleres. For de genvundne materialer er der foretaget systemudvidelse, da metallerne antages at fortrænge en tilsvarende mængde primært metal, hvorimod plast og papir fortrænger en noget mindre mængde primært materiale (se afsnit 4.1.), da man må regne med en kvalitetsforringelse som følge af recirkuleringen. Da man således undgår produktion af nyt materiale kan den genvundne mængde trækkes fra det oprindelige forbrug af primært materiale. Produktionen af genbrugsmateriale er regnet under bortskaffelsesfasen.

For affaldsforbrænding af plast og pap/papir er der foretaget systemudvidelse, da varmeproduktionen antages at fortrænge varme, som er produceret fra 60% naturgas og 40% olie (Eurostat, 1997).

Produktion af genbrugsmateriale og affaldsforbrænding er regnet under bortskaffelsesfasen.

**Genvindingsgrad** Ved genvinding er der antaget følgende genvindingsgrader for de materialer som sendes til materiale-genvinding (i matrix-LCA'en er regnet med mere simple antagelser):

- Jern og stål: 95 %
- Aluminium, via shredder: 75 %
- Aluminium, direkte: 95 %
- Kobbertråd, via shredder: 30 %
- Kobber, direkte: 95 %
- Plast: 95 %
- Papir/pap: 95 %

Tab i forbindelse med genvinding kan henføres indsamlingsledet, shredderprocessen (aluminium og især kobber, Erichsen, 1999) og oparbejdningsprocessen. Der er senere kommet øget fokus på shreddertabet i branchen, så størrelsesordenen af disse tab er formentlig nedbragt. Et eventuelt



kvalitetstab som følge af genvindingen er regnet under systemudvidelsen, se ovenfor. Endelig vil manglende indsamling totalt set føre til lavere genvindingsgrad.

### 3.3 Datagrundlag

#### Indsamlingsmåde

Nilfisk A/S har leveret oplysninger om materialesammensætning og produktion af støvsugerens GM 400 beskrevet i Hermansen, 1999. Nilfisk har herunder kontaktet fabrikanten af elmotoren for materialeindhold og produktion. Nilfisk har desuden fremskaffet visse oplysninger om støvsugerens brug (Larsen, 1999, Willumsen, 1999). Andre oplysninger er fra Danheim, 1998).

For materialerne og de øvrige processer er der først og fremmest anvendt data fra den til UMIP PC-værktøjet hørende database (Frees & Pedersen, 1996) (Miljøstyrelsen, 1999) i det følgende kaldt UMIP databasen. I fornødent omfang er nye processer føjet til, se afsnit 4.1.

Parametre og datakvalitet I processerne indgår alle tilgængelige oplysninger med hensyn til ressourcer og emissioner. Kvaliteten af de anvendte data og deres oprindelse fremgår af tabel 1, og er yderligere vurderet i afsnit 6.2.

#### Referencegrundlag for data til miljøvurdering af Nilfisk GM400

Produkt specifikke	Datatype			Datakilde					Kommentarer
	Sted-specifikke	Generelle		1	2	3	4	5	
<b>Materialefasen</b>									
Stål		X				X			UMIP database
Aluminium		X				X			UMIP database
Kobber		X				X			UMIP database
PP, PE, PVC		X				X			UMIP database
ABS		X				X			Data indsamlet af IPU
Pap, papir		X				X			Data indsamlet af IPU
<b>Produktion hos Nilfisk og leverandører</b>									
Produktion, generelt		X					X		Data indsamlet af IPU
Forzinkning		X				X			Data indsamlet af IPU
Fornikling m. chrom		X				X			Data indsamlet af IPU
<b>Brugsfasen</b>									
Energiforbrug	X			X					Nilfisk. Afhænger af brugsmønstre
Levetid	X			X					Nilfisk.
<b>Bortskaffelse</b>									
Bortskaffelses måde		X				X			Data indsamlet af IPU
Genvinding, generelt		X				X			UMIP database
Genvinding, kobber	X					X			Data indsamlet af IPU
Genvinding, plast		X					X		Data indsamlet af IPU
Deponi		X				X			UMIP database
Forbrænding		X				X			UMIP database
<b>Transport</b>									
Afstande og transportmiddel	X		X			X			Nilfisk, afstande er specifikke. Transportmiddel er generelt
Energiforbrug og emissioner			X			X			UMIP database
<b>Energisystemer</b>									
Termisk energi			X			X			UMIP database
Elenergi		X				X			UMIP database

#### Noter

- 1 Målinger
- 2 Beregninger ud fra massebalance for den aktuelle proces
- 3 Ekstrapolation fra data for samme processtype eller teknologi
- 4 Ekstrapolation fra data for andre processtyper eller teknologier
- 5 Ukendt kilde eller ikke-kvalificeret estimat

Produkt specifikke data: Gælder processer, hvor GM400 specifikt indgår

Stedspecifikke data: Gælder data fra aktuelle lokaliteter i produktets livsforløb.

Generelle data: Alle andre

Tabel 1 Referencegrundlag for data til miljøvurdering af Nilfisk GM400

# 4 Opgørelse

## 4.1 Dataindsamling og -behandling

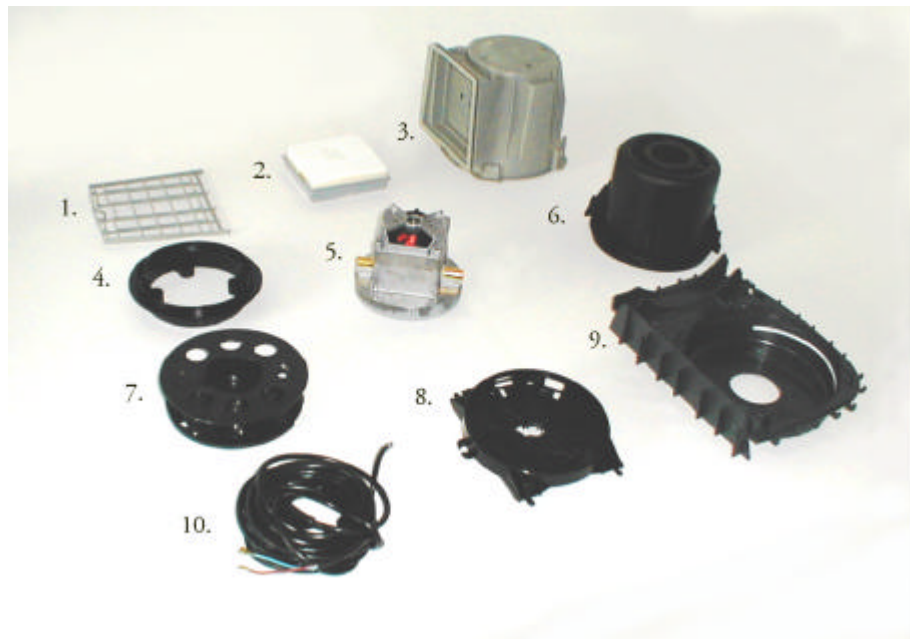
De enhedsprocesser, der indgår i støvsugerens livscyklusvurdering og herunder følsomhedsvurderinger, fremgår af de modeller, som er opbygget i UMIP PC-værktøjet. Processerne og deres referencer er nærmere beskrevet i review informationen, som ligger i PC-værktøjet. Her gives en kort gennemgang af de indsamlede data og deres behandling, herunder hvorledes system-udvidelsen er foretaget.

### Materialefasen

Støvsugerens materialesammensætning fremgår af matrix-LCAen, bilag a, og af procesoversigten, figur 5. Figur 2 og 3 illustrerer de enkelte materialekomponenter. ABS, bølgepap og papir er ikke repræsenteret i UMIP databasen og der er etableret nye data for disse. ABS er baseret på (Boustead, 1997). Bølgepap indgår i emballagen og data stammer fra en dansk fabrikant. Råvarer til bølgepapproduktion er genbrugs fluting/liner fra UMIP databasen. Papir benyttes til støvsugerens manual og data stammer fra den svenske skovindustri og Chalmers Industriteknik.



Figur 2. Materialekomponenter, Nilfisk GM400, ydre dele



Figur 3. Materialekomponenter, Nilfisk GM400, indre dele

#### Produktionsfasen

For produktionen af Nilfisk GM400 er der som nævnt i afsnit 3.2 valgt at benytte et erfaringsbaseret energiforbrug. Gydesen et. al. 1990 oplyser på baggrund af en række litteratureksempler, at energiforbruget til produktion af sammensatte produkter er af størrelsesorden 25 MJ per kg produkt, målt som primær energi, dvs. udvinding af råstoffer og produktion af energien er indregnet. De gennemgåede eksempler i UMIP-projektet (Wenzel et. al., 1996b) er af samme størrelsesorden. Der er regnet med elenergi produceret med en virkningsgrad på 33% svarende til 2,5 kWh direkte energi per kg produkt.

Enkelte pladedele i motor og mundstykke er forzinket og støvsugerrøret er forniklet og forkromet. Der er oprettet processer for disse overfladebehandlinger.

#### Brugsfasen

Støvsugerens brug og drifttid er beskrevet som en del af den funktionelle enhed i afsnit 3.1. I brugsfasen indgår foruden elektricitet poseskift (6 gange årligt = 72 poser) og filter skift (for hver 5. pose = 15 filtre).

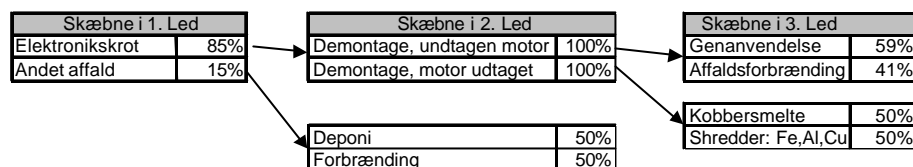
#### Bortskaffelsesfasen

Støvsugeren forhandles i EU og det må antages, at den vil blive bortskaffet i overensstemmelse med den kommende elektroniskrot-bekendtgørelse (EU, 1999). EU bekendtgørelsen i sin nuværende udformning beskriver kun kvalitativt hvilke tiltag der skal gøres for at indsamle de elektroniske produkter, og det er derfor svært at gætte på hvor mange der bliver indsamlet. Af de indsamlede støvsugere, som er af kategorien "små husholdningsprodukter", kræves en genvindingsgrad på 70%.

Hermansen, 1999, regner med at 85% af støvsugerne indsamles. Af de ikke indsamlede støvsugere går halvdelen til deponi og halvdelen til affaldsforbrænding. De indsamlede støvsugere adskilles i deres hovedkomponenter. Metaldele sendes til recykling. De største plastikkomponenter genvindes og resten affaldsforbrændes. For motorens vedkommende regnes med at halvdelen sendes til kobbersmelteværk for udvinding af kobber og halvdelen sendes til normal metal shredding. I kobbersmelteværket er der høj genvinding af kobberet, men aluminium og stål går tabt. I shredderen er der høj udsortering af stål, men et vist tab af

aluminium og især kobber (Erichsen, 1999). De antagne genvindingsgraderne er vist i afsnit 3.2. Scenariet er vist i figur 4.

**Bortskaffelses scenarie, GM400**



Figur 4. Bortskaffelsesscenarie, Nilfisk GM 400

Enhedsprocesserne for genvinding af materialer er i UMIP databasen beskrevet i forhold til mængden af genvundet materiale, som grundet procestab er lidt mindre end den mængde som tilgår processen. Der regnes med 5 % tab. Der er etableret data for omsmelting af motor i kobbersmelteværk.

Emballagen antages bortskaffet således at 90 % genvindes, 5 % affaldsforbrændes og 5 % deponeres.

#### Transportfasen

Transport af råmaterialer, halvfabrikata og underleverancer til støvsugerens samt transport i forbindelse med støvsugerens distribution og bortskaffelse er fra oplysningerne i Hermansen, 1999, beregnet til 33130 kgkm. Transporten finder sted med stor lastbil, og der er regnet med landevejskørsel, som afspejler et gennemsnit af kørsel på landevej, motorvej og i by.

#### Systemudvidelse og undgået produktion

Da man undgår produktion af nyt materiale trækkes den genvundne mængde fra det oprindelige forbrug af primært materiale. For papir/pap og plast gælder særlige forhold, da disse ved genvinding ikke får helt samme kvalitet som primært materiale, eller kun kan recykles et vist antal gange, hvorved de fortrænger en mindre mængde primært materiale end mængden af genvundet materiale. For papir/pap er der regnet med 83 % fortrængning af primært materiale (Mortensen, 1994) og for plast er der regnet med 50 %. Når platen ligger så lavt skyldes det dels at der er tale om plast efter brugsfasen og dels at meget af den indeholder fyldstoffer (Mølgaard, 1995).

For affaldsforbrænding findes data for den producerede varmemængde per kg brændbart materiale i UMIP databasen under antagelse af 75% virkningsgrad af affaldsforbrændingsanlægget. Ved beregningen af den varme, som fortrænges ved affaldsforbrænding, er der regnet med at denne varme er produceret med en virkningsgrad på 85 %.

#### 4.2 Procesoversigt

Detalier om de enhedsprocesser, som indgår i livsforløbet, fremgår af den model, som er opbygget i UMIP PC-værktøjet. Udeladte processer er beskrevet i afsnit 3.2. En oversigt over modellen, som viser de overordnede processer, er vist i figur 5.

## NF-PS121: Støvsuger GM400

### 1 stk Støvsuger GM400 (NF-PS121)

#### 1 stk Materialefase støvsuger GM400 (NF-MF2.1)

0,45 kg Al (primær) 1, TERMINERET (M32765T98)

0,31 kg Cu (P), TERMINERET (M32518T98)

0,53 kg Plast, PE (low density) (M32441)

2,86 kg Plast, PP (M32445)

0,35 kg Plast, PVC (M32422)

0,13 kg Plast, POM (NF-M32360)

0,26 kg Plast, PA 66 (NF-M2436)

0,57 kg Plast, ABS (NF-M2437)

0,43 kg Plast, uspecificeret (NF-M2123)

0,2 kg Papir, ubleget, primær (NF-M32128)

1,21 kg Bølgepap (genbrug, 100%) (NF-M2095)

2,11 kg Stålblade (89% primær), TERMINERET (M32205T98)

0,3 kg Uspecificerede materialer (NF-M2326)

#### 1 stk Produktionsfase støvsuger GM400 (NF-PF2.1)

24 kWh Dansk elproduktion, 1992, TERMINERET (L32719T98)

0,13 m2 Forchromning, incl. fornikling (NF-P1595)

0,045 m2 Forzinkning, sur, stel (NF-P2630)

#### 1 stk Brugsfase støvsuger GM400 (NF-BRF2.1)

2,92 kg Papir, ubleget, primær (NF-M32128)

720 kWh EF elproduktion, 1990, TERMINERET (L32758T98)

0,04 kg Plast, PE (low density) (M32441)

#### 1 stk Transportfase støvsuger GM400 (NF-TF2.1)

33130 kgkm Lastbil >16t diesel landev. TERMINERET (O32694T98)

#### 1 stk Bortskaf.fase støvsuger GM400 (NF-BOF2.1)

0,85 stk Genvinding støvsuger (NF-BOF2.1.1)

0,075 stk Hele støvsuger deponi (NF-BOF2.1.2)

0,05 stk Papir/pap forbrænding (NF-BOF2.1.4)

0,05 stk Papir/pap deponi (NF-BOF2.1.5)

0,9 stk Papir/pap genvinding (NF-BOF2.1.6)

0,5 stk Poser/filtre forbrænding (NF-BOF2.1.7)

0,075 stk Hele støvsuger forbrænding (NF-BOF2.1.3)

0,5 stk Poser/filtre deponi (NF-BOF2.1.8)

#### 1 stk Undgået produktion GM400 (NF-SU2.1)

0,075 stk Støvsuger forbrænding (NF-SU2.1.3)

0,05 stk Papir/pap forbrænding (NF-SU2.1.4)

0,9 stk Papir/pap genvinding (NF-SU2.1.6)

0,5 stk Poser/filtre forbrænding (NF-SU2.1.7)

0,85 stk Genvinding af støvsuger (NF-SU2.1.1)

Figur 5. Procesoversigt, Nilfisk GM 400

### 4.3 Resultatberegning

Resultaterne af opgørelsen er beregnet i UMIP PC-værktøj. De vigtigste resultater er sammenfattet i tabel 2.

Udveksling	Mængde i kg totalt gennem 12 år	Bemærkninger
<b>Til luft:</b>		
CO <sub>2</sub>	445	
SO <sub>2</sub>	3,33	
NO <sub>x</sub>	1,88	
CO	0,24	
CH <sub>4</sub>	1,36	Mest fra kuludvinding
N <sub>2</sub> O	0,02	
HC/VOC	0,179	
NMVOC	0,045	
Partikler	0,216	
Hg	7,1E-6	
Pb	6E-5	
<b>Til vand:</b>		
Se PC model		Fra energifremstilling
<b>Affald:</b>		
Uspec. industriaffald	1,16	
Uspec. volumenaffald	46,9	Mest fra kuludvinding
Slagge & aske	16,1	Fra elproduktion
<b>Ressourcer:</b>		
Stenkul, rå, brændsel	143,7	
Råolie, brændsel	24,8	
Råolie, råmateriale	2,7	
Naturgas, brændsel	16,3	
Naturgas, råmateriale	1,3	
Træ, brændsel	2,56	
Træ, råmateriale	3,15	
Jern	1,22	
Aluminium	0,223	
Kobber	0,115	
Nikkel	0,014	
Zink	3,5E-3	

Tabel 2. Udvalgte opgørelsesresultater for Nil fisk GM400 ved 12 års drift.





# 5 Vurdering

## 5.1 Vurderingsmetode

Vurderingen følger UMIP-metoden, der er beskrevet i Wenzel et. al., 1996a. Vurderingen følger 3 trin:

- Datakarakterisering
- Normalisering
- Vægtning

Udvælgelse af miljøeffekter er gennemført i overensstemmelse med UMIP-metoden og med anvendelse af de faktorer som findes i Hauschild & Wenzel 1998.

### Datakarakterisering

Ved datakarakterisering beregnes potentielle miljøeffekter ud fra hvor kraftigt emissioner bidrager til en effekttype i forhold til en referenceemission. For drivhuseffekten, f.eks., er referenceemissionen kuldioxid (CO<sub>2</sub>); men metan (CH<sub>4</sub>) bidrager 25 gange så kraftigt og lattergas (N<sub>2</sub>O) 320 gange så kraftigt. Ved at gange metan- og lattergasemissionen med de nævnte faktorer omregnes de til potentielle drivhuseffektbidrag målt i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Disse oplyses f.eks. i gram (g-ækv.). Der findes potentielle miljøeffekttyper for drivhuseffekt (CO<sub>2</sub>-ækv.), forsuring (SO<sub>2</sub>-ækv.), næringssaltbelastning (NO<sub>3</sub>-ækv.), fotokemisk ozondannelse (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-ækv.) samt for forskellige toksiciteter og affaldstyper. Foruden disse er ozonlagsnedbrydning ikke medtaget, da de er udfaset. Beregning af potentielle miljøeffekter indgår foruden i UMIP også i ISO 14042.

### Normalisering

Forud for vægtningen foretages en *normalisering*. Normalisering betyder, at samfundets samlede bidrag til en potentiel miljøeffekt, f.eks. drivhuseffekt, beregnes per indbygger i referenceåret 1990. Enheden er *Personækvivalent, PE*. For globale effekter, så som drivhuseffekten, benyttes hele verdens bidrag til effekten per indbygger i verden. For lokale og regionale effekter, så som forsuring, næringssaltbelastning, fotokemisk ozondannelse og deponeret affald, benyttes bidraget til effekten i Danmark per indbygger i Danmark.

### Vægtning

Vægtning af en miljøeffekt illustrerer hvor alvorlig en miljøeffekt og dens mulige konsekvenser vurderes at være i forhold til andre miljøeffekter. Den vægtningsmetode, som anvendes her, bygger på politiske målsætninger for reduktion af de væsentligste miljøbelastninger, som bidrager til de enkelte miljøeffekter. Reduktionsmålsætningerne beregnes i forhold til det valgte fælles målsætningsår 2000 og det valgte fælles referenceår 1990. Dette udtrykkes som den reciprokke værdi i en *vægtningsfaktor*. De politiske målsætninger afspejler til en hvis grad faglige vurderinger, men er naturligvis også påvirket af økonomiske interesser m.v. Fordelen ved at benytte en politisk målsætning er, at det giver et politisk acceptabelt styringsgrundlag. Vægtningen sker ved at gange vægtningsfaktorerne med de respektive normaliserede miljøeffekter. Enheden er personækvivalenter målsat (PEM) med indices W (world), DK (danmark) og målsætningsårstallet.

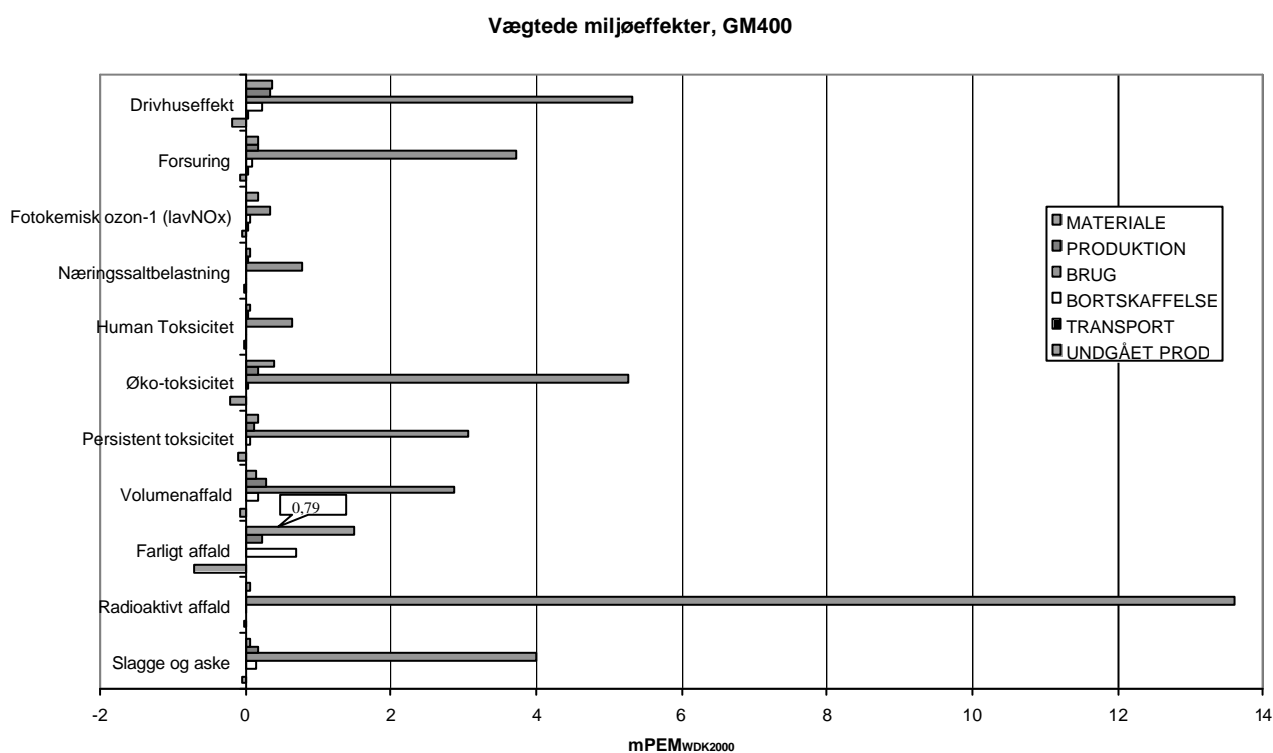
Millipersonækvivalenter er som regel den mest hensigtsmæssige enhed og enheden for vægtning er derfor  $mPEM_{WDK2000}$ .

**Vægtning af ressourcer** Foruden vægtningen af de potentielle miljøeffekter foretages en tilsvarende procedure for vægtning af ressourceforbrug. For de enkelte ressourcer udtrykkes denne vægtning som andelen af personreserven opgjort i 1990, forstået som andelen af de kendte reserver af den pågældende ressource, som hver verdensborger råder over. Enheden er millipersonreserve,  $mPR_{W90}$ .

## 5.2 Resultater

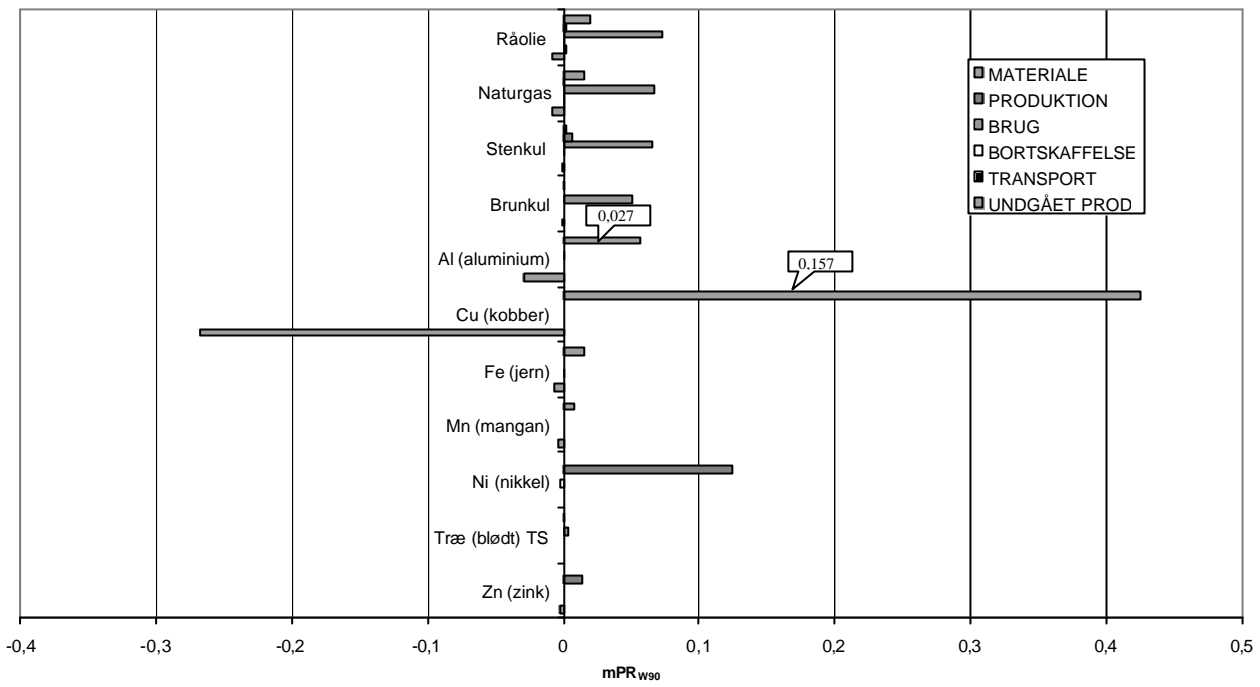
Som resultat af miljøvurderingen er benyttet vægtning efter UMIP metoden (Wenzel et.al., 1996). Forud for vægtningen ligger en beregning af potentielle miljøeffekter og en normalisering. Alle beregningerne er udført i UMIP PC-værktøjet for den opbyggede model af Nilfisk GM400, men kun vægtningsresultatet vises her.


Resultatet af vægtningen af ydre miljøeffekter og af ressourceforbrug fremgår af figurerne 6 og 7. Vægtningen er opdelt på faser. Resultaterne fremgår desuden af bilag B.



Figur 2 Vægtede miljøeffektpotentialer per år for Nilfisk GM400 med levetid 12 år. = difference mellem materialeforbrug og undgået produktion.

### Vægtede ressourcer, GM400



Figur 3 Vægtede ressourceforbrug per år for Nilfisk GM400 med levetid 12 år.  = difference mellem materialeforbrug og undgået produktion.



# 6 Fortolkning

## 6.1 Væsentligste påvirkninger

### Ydre miljø

Med hensyn til det ydre miljø stammer de væsentligste påvirkninger for støvsugeren fra brugsfasen, og skyldes energiforbruget. Drivhuseffekt, forsuring, persistent- og økotoksicitet, volumenaffald, slagge & aske og radioaktivt affald er her dominerende med andele på 88 – 94 % i forhold til de øvrige faser og 99,3 % for radioaktivt affald. Den høje andel af netop disse effekter kan tilskrives at brugsfasen forsynes fra EU elproduktion, som for en stor del er baseret på kul og uran. Forudsætningerne for elproduktionen er vurderet i følsomhedsvurderingen. Effekterne fotokemisk ozondannelse, næringssaltbelastning, human toksicitet og farligt affald er mindre dominerende.

For de andre faser end brugsfasen bemærkes især drivhuseffekt, økotoksicitet og farligt affald fra materialefasen, men disse modregnes i høj grad ved undgået produktion af nyt materiale, når materialerne genbruges. Der er ligeledes nogen drivhuseffekt og farligt affald fra bortskaffelsesfasen. Det er muligt at der i praksis er en større andel af disse effekter fra brugsfasen, som diskuteres under følsomhedsvurdering.

### Ressourcer

Med hensyn til ressourcer dominerer energiresourcerne til brugsfasen. For materialefasen er kobber og nikkel ligeledes dominerende. En del af kobbermængden modregnes ved undgået produktion af nyt materiale ved genvinding af kobber. Nikkel indgår i overfladebelægning af støvsugerrøret. I et åbent recirkuleringssystem modregnes det ikke, da det indleges i stål ved omsmelting og således ikke nyttiggøres for normale stål kvaliteter.

## 6.2 Følsomhedsvurdering

Her vurderes, hvor følsomme de opnåede resultater er dels i forhold til usikkerhed på de anvendte data og vurderingsfaktorer og dels på de forudsætninger (antagelser, forenklinger, udeladelser), som er foretaget under studiet.

### Brugsfasen

Da brugsfasen er mest dominerende, både med hensyn til ydre miljøeffekter og til ressourcer, er usikkerhed og anvendte forudsætninger fra denne fase også mest kritisk.

Brugsfasen er følsom på antagelsen af elscenarie (EU gennemsnits elproduktion) og på usikkerhed forårsaget af datas alder (1990). Data for det anvendte elscenarie er derfor sammenlignet med nyere oplysninger (1994), som viser knap 10% mindre drivhuseffekt og ca. 30% mindsket forsuring og næringssaltbelastning. Dette ændrer ikke ved den konklusion, at brugsfasen er dominerende.

Den varme, som støvsugeren producerer under drift, er ikke modregnet i boligens opvarmning. Hvis støvsugeren f.eks. bruges i Danmark, og der kun

regnes med fyring halvdelen af året, ville indregning af støvsugerens varmebidrag betyde knap 14% reduktion af dens samlede akkumulerede energiforbrug (se bilag C).

Toksicitetsvurderingerne for brugsfasen er usikre og antageligt for små idet der mangler toksvurdering af VOC (flygtige kulbrinter). Da det ikke har været muligt at skaffe oplysninger om enkeltstoffer i VOC og NMVOC (flygtige kulbrinter u. methan) fra elproduktion har disse ikke kunnet vurderes og toksvurderingerne gælder derfor kun emission af tungmetaller. Den oplyste mængde af farligt affald fra energiproduktion til brugsfasen er forholdsvis lille, hvilket kan skyldes manglende registrering under den oprindelige dataindsamling. Toksicitet og farligt affald kan derfor forventes at ligge mere på niveau med de øvrige effekter.

#### Øvrige faser

For de øvrige faser er drivhuseffekt og farligt affald de mest fremtrædende og dermed kritiske. Disse effekter stammer fra materialefasen og bortskaffelsesfasen. Der knytter sig generelt stor usikkerhed til toksicitets- og affaldsdata, for affald kan det f.eks. skyldes, at affald i nogle lande registreres som farligt, i andre ikke. Man skal derfor være varsom med at konkludere ud fra disse data.

Med hensyn til ressourcer, er data for nikkel og kobber kritiske, selvom disse metaller optræder i forholdsvis små mængder. F.eks. anvendes nikkel som et ca. 10 my tyndt lag under forkromningen på støvsugerrørene, men niklet vægtes alligevel højere end jernet. Dette viser at man ikke kan se bort fra disse ressourcer, selvom de optræder i små mængder. Der er ikke anvendt sjældne ressourcer i øvrigt. Krom optræder som et ca. 0,5 µm tykt lag på støvsugerrørene, og da krom ikke er en sjælden ressource er den udeladt af vurderingen. Der kan optræde meget små mængder tin og bly i lodninger, som et følsomhedsoverslag viser ingen betydning har. Resultaternes følsomhed med hensyn til en støvsugers generelle sammensætning er diskuteret i kapitel 7.

Resultatet af ressourcevurderingen viser, at forbruget af råvareressourcer afhænger af støvsugerens bortskaffelsesmåde. Aluminium, kobber og nikkel er her de mest kritiske, men som nævnt genvindes nikkel ikke i et åbent system. Genvinding er mulig i et lukket system, ved f.eks. at sende rørene til rustfri stålproduktion, men det er nok ikke realistisk. Der er udført følsomhedsvurdering på manuel og mekanisk fragmentering af motoren i rene fraktioner. Resultatet viser, at der opnås væsentlig reduktion af råvareressourcerne, ikke blot for aluminium og kobber, men også for jern og zink.

### 6.3 Diskussion

Dominans- og følsomhedsvurderingen viser, at de foretagne forenklinger har været rimelige, og at resultaterne i kapitel 5 ikke i væsentlig grad vil være følsomme i forhold til de anvendte data, selvom f.eks. elscenariet er af ældre data.

Det kan generelt konkluderes, at en indsats for miljøforbedring især skal koncentrere sig om at nedbringe støvsugerens energiforbrug under drift, f.eks. ved at nedbringe mærkeeffekten med bevarelse af en for brugeren tilfredsstillende rengøringsevne.

## 7 Repræsentativitet for produktfamilien

Kvalitets og udstyrmæssigt kan støvsugere groft opdeles grupperne: High-end (fra ca. 1800 – 3000 kr), mellem (ca. 1000 – 1800 kr) og low-end (ca. 500 – 1000 kr). Skellene mellem disse grupper er ikke skarpe og priserne er vejledende udenfor tilbud i 2000/01.

Støvsugeren Nilfisk GM400 ligger i nedre del af high-end gruppen og GM400 vurderes med hensyn til miljøvurderingen at være repræsentativ for high-end og mellemgruppen af produktfamilien af konventionelle støvsugere, dvs. mobil gulvmodel med slange (Villumsen, 1999). Effektforbruget til denne gruppe af støvsugere lå i 1998 ret ensartet på ca. 1200 Watt. GM400 adskiller sig i alt væsentligt kun fra disse støvsugere ved aluminiumssvøbet, men dette har kun lille betydning med hensyn til både energi- og materialeressourcer i materialefasen. Ca. 1/3 af aluminiumforbruget for GM400 går til svøbet, resten går til motoren, tilsvarende andre støvsugere. Alternativet til aluminiumssvøbet må formodes at være et lidt større forbrug af plast.

Som beskrevet i afsnit 3.1 under den funktionelle enhed vurderes GM400 at have en smule højere levetid end repræsentativt for produktgruppen (12 år vs. 10 år), da GM400 ligger mere i high-end gruppen end i mellemgruppen. Miljømæssigt har den lille forskel i levetid ingen afgørende betydning. Betydningen er, at de andre faser end brugsfasen vejer et par procent mere i forhold til brugsfasen, se matrix-LCA for den generelle støvsuger i bilag a. I denne matrix LCA er aluminiumsskjoldet regnet fra og lidt mere plast lagt til.

I forhold til GM400 adskiller produkterne i den øvre del af high-end gruppen sig ved mere udstyr, f.eks. elektromundstykke og variabel sugestyrke, samt muligvis lidt længere levetid, måske op mod 15 år (Villumsen, 1999).

I forhold til GM 400 adskiller mellemgruppen og især low-end gruppen sig ved kortere levetid, måske ned til 3-4 år for de billigste produkter (Villumsen, 1999). Der vil desuden være en tendens til mere brug af plast og mindre metal i billigprodukterne.

Andre støvsugerkoncepter end det her beskrevne er f.eks. cyklone-støvsugere, modeller med støvsugerenheden anbragt på røret og stationære støvsugere. Disse modeller skønnes kun at udgøre en lille del af det europæiske marked, så de ligger udenfor det generelt repræsentative, men det er naturligvis interessant at vurdere disse koncepter som muligheder for det mest miljørigtige koncept. Dette er gjort i kapitel 8.





# 8 Forbedringsanalyse

## 8.1 Diagnose

Resultatet af miljøvurderingen viser, at en støvsugers miljøbelastning overvejende stammer fra energiforbruget i driftsfasen. Ressourceforbruget domineres som følge heraf af energiressourcer til driftsfasen, men knappe materialeressourcer som nikkel og kobber har også vist sig dominerende.

Både energiforbruget og forbruget af knappe ressourcer lader sig optimere.

*Analyse af energiforbruget* For nærmere at undersøge hvor meget energiforbruget til en støvsuger kan nedbringes er årsagen til energiforbruget analyseret.

Årsagen til energiforbruget ligger dels i en støvsugers generelt ret lave virkningsgrad og dels i at energiforbruget via støvsugerens effekt er øget, da det er blevet en konkurrenceparameter, som man måske kan stille spørgsmålstegn ved nytten af.

Med hensyn til en støvsugers virkningsgrad kan man sammenligne en støvsuger med et ventilationssystem, i hvilket man har en motor, en ventilator, nogle komponenter (filtre, mundstykker) og et kanalsystem (Olufsen, 1995).

Set som et ventilationssystem arbejder støvsugeren med ret lille effekt, hvilket betyder at det for motor og ventilator er begrænset hvor høj virkningsgrad der kan opnås. En støvsugermotors afgivne effekt ligger omkring 1 kW for 1200 Watt støvsugere, idet støvsugereffekten måles som optagen effekt. Motorer af denne størrelse har en virkningsgrad på ca. 75 % i normaludførelse og ca. 80 % for energisparemotorer. Hvis ikke støvsugeren i forvejen har energisparemotor kan der altså hentes lidt der.

For en ventilator af tilsvarende effekt kan en virkningsgrad på ca. 70 % opnås, således at det samlede system motor/ventilator kan opnå virkningsgraden 56 % (80% motor X 70% ventilator), idet der regnes med, at der ikke er nogen transmission mellem motor og ventilator, hvad der er tilfældet for støvsugeren (modsat ventilatoren). For at komme frem til den totale virkningsgrad skal man for de nævnte virkningsgrader kompensere for tab i komponenter og kanaler (slange/rør), samt det såkaldte systemtab, som er et udtryk for det tab som opstår, når luftstrømmen går fra ventilatoren og ind i kanalsystemet. Med hensyn til ventilatorens virkningsgrad og systemtabet sætter støvsugerens krav om lille størrelse begrænsninger i forhold til et ventilationsanlæg, hvilket betyder at man med en mobil støvsuger ikke kan opnå samme virkningsgrad som for et ventilationssystem. Grundet samme krav om lille størrelse er det heller ikke muligt at bruge samme størrelse filterareal som i et ventilationsanlæg, så også her vil tabet blive større.

Den bedst dokumenterede virkningsgrad af motor/ventilator for en støvsuger er 41 % (Poulsen, 1999) til sammenligning med førnævnte 56 % for ventilationssystemet. Baggrunden for forskellen er igen at ventilationsanlægget kan bygges fysisk større. Den bedst opnåelige totale virkningsgrad for en

støvsuger, målt for enden af indsugningsrøret uden mundstykke, skønnes at være 33 % (Poulsen, 1999), og kræver at der i støvsugeren er arbejdet med at mindske systemtabet og forbedre tætningen. Virkningsgraden for støvsugere på markedet ligger typisk i størrelsesorden 20-24 %.

#### *Nødvendig effekt*

En 1200 Watt støvsuger vil typisk have en sugeeffekt på ca. 250 Watt. Ved en forbrugerundersøgelse af en række støvsugere (Forbrugerstyrelsen, 1998) viste det sig, at en enkelt støvsuger med kun ca. 165 Watt sugeeffekt af brugerne oplevedes som meget god med hensyn til sugeegenskaber. Ved virkningsgraden 33 % ville denne støvsuger have en optagen effekt på 500 W (den aktuelle støvsugers effekt var 750 Watt). Gode sugeegenskaber afhænger ikke kun af sugeeffekten, men også af mundstykkets udformning, som må være så optimal som mulig når sugeeffekten er lav.

#### *Tab over pose/filter*

Den nævnte virkningsgrad gælder ved tom pose. Posen fungerer som det første filter (grovfilter) og ved den daglige brug af støvsugeren falder virkningsgraden forholdsvis hurtigt, da posens porestruktur fyldes med fine støvpartikler, og således bliver mere tæt. Denne effekt sætter ind forholdsvis hurtigt, f.eks. allerede når posen er nogle få % fyldt. Når posen er omtrent helt fuld falder virkningsgraden markant. Støvsugerens små fysiske dimensioner sætter en grænse for, hvor stort et poseareal, og dermed filterareal, der kan etableres, men det er en problematik der kan arbejdes med.

Problemet omkring posetilstopning kommer til udtryk på den måde, at brugeren nok vil opleve støvsugere med moderat effekt som fuldt tilstrækkelige ved tom pose og støvsugere med høj effekt muligvis som for kraftige. Med andre ord benyttes en øget effekt først og fremmest til at overkomme det øgede trykfald over posen som indtræder kort tid efter poseskift.

*Effektivisering af støvsuger* De nævnte problemer kan reduceres ved modificeringer af det eksisterende koncept eller med andre støvsugerkoncepter, men hele støvsugerens brug må afvejes for at man kan sige om en løsning er optimal.

Problematikken med poseareal, betragtet som et filter, er nævnt. En anden mulighed er at regulere støvsugereffekten via trykfaldet over posen, således at effekten begrænses ved tom pose. Regulering (automatisk og/eller manuel) er i det hele taget en mulighed, som kan gøre støvsugeren "intelligent", forstået således at dens effekt afpasses det aktuelle behov, som kan variere på glatte gulve, tæpper og duge, linned etc. Ved særligt højt behov kan boost-funktion etableres og ved kortvarige manglende behov let-tilgængelig eller automatisk stopfunktion.

#### *Andre koncepter*

En mulig løsning er en støvsuger som virker efter cyklonprincippet, dvs. at posen er erstattet af et system hvor den indsugede luft bringes i kraftig cirkulation, så støvpartiklerne centrifugeres ud. Ved dette princip løses problemet med at virkningsgraden nedsættes når posen fyldes, men praktiske målinger viser, at cyklonstøvsugeren har en generelt ret lav virkningsgrad (ca. 13 %), hvilket betyder at det først er ved måske halvfyldt pose at cyklonstøvsugeren vil opleves som bedre. Desuden skal støvsugeren fortsat forsynes med mikro-filter for at fjerne de fineste partikler.

En mere radikal mulighed er en stationær støvsuger, indbygget f.eks. i et skab, og med kanaler ført ud til forskellige slangetilkoblingssteder i huset. Ved dette koncept er man ikke i så høj grad bundet af de fysiske dimensioner som ved

den mobile støvsuger, og det er derfor muligt at opnå en mere optimal virkningsgrad af motor/ventilator, samt at mindske systemtab og pose/filtertab. Tabet i de kanaler som må føres frem til tilkoblingsstederne er ved gunstig udformning temmelig små sammenlignet med systemtab og filtertab. Ulempen ved dette system er, at det helst skal tænkes ind fra starten ved bygning af en bolig, da det kan være vanskeligt at installere på et senere tidspunkt. Endelig kan det føles brugsmæssigt begrænsende, at man skal til og frakoble slange, når man går fra lokalitet til lokalitet.

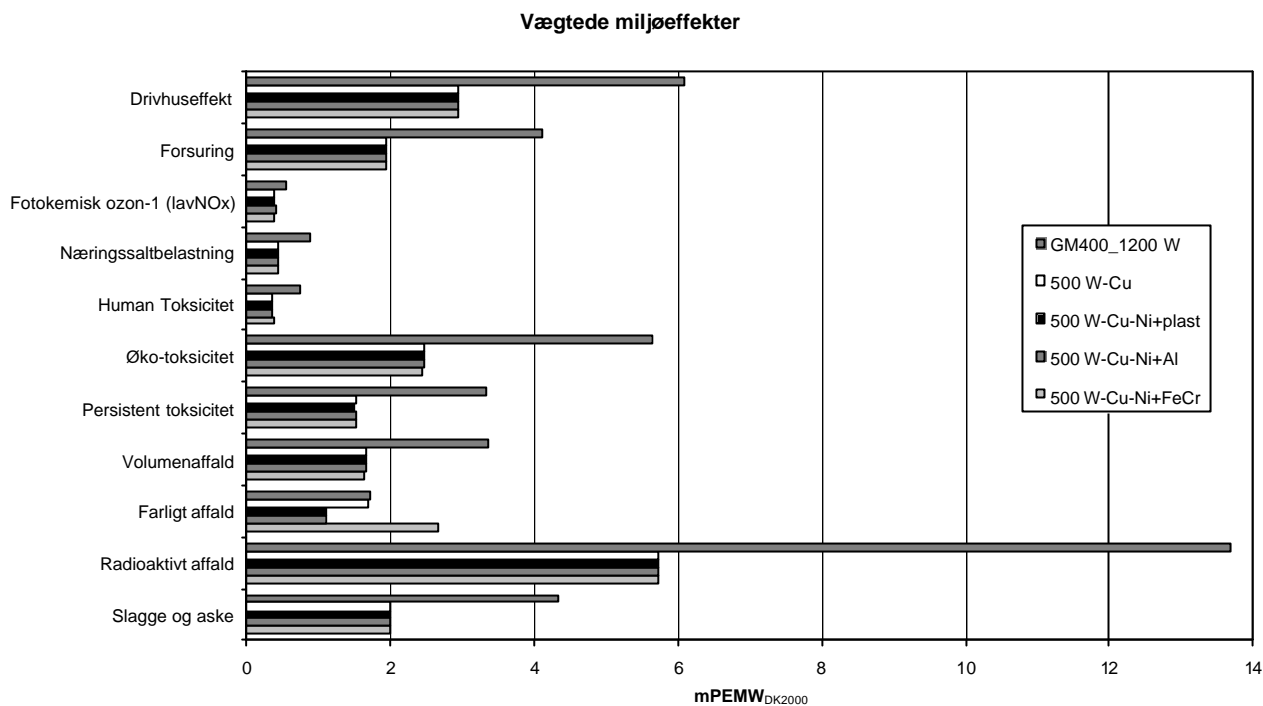
### *Materialeressourcer*

Materialeressourcen nikkel optræder som underlagsbelægning for forkromning på støvsugerrøret og andre detalier, så som glideplade i gulv- og tæppemundstykket. Kromlaget er meget tyndt og krom er i sammenligning med nikkel ikke nogen begrænset ressource, så kromforbruget er ikke vurderet. Kobber findes som viklinger i motoren og i støvsugerledningen. Nikkelforbruget kan elimineres ved at fremstille støvsugerrør og glideplade i f.eks. plast, aluminium eller ferritisk rustfrit stål, hvoraf plast kan give problemer med statisk elektricitet. Kobber i motor og ledning genvindes til en vis grad, og forbruget kan nedbringes ved effektiviseret genvinding, hvilket man også har fokus på i genvindingsbranchen. Alternativt kan kobber erstattes af aluminium, men det er en betingelse at motorens virkningsgrad ikke forringes herved, og at aluminiumet så vidt muligt genvindes. Støvsugerfabrikanten har kun begrænset indflydelse på genvindingsgraden af materialerne i motoren, da denne i høj grad afhænger af indsamlingssystemer og genvindingsteknologi.

## 8.2 Forbedringspotentialer

Figur 8 og 9 viser de vægtede miljø- og ressourcebelastninger for referencestøvsugeren Nilfisk GM400 på 1200 Watt sammenlignet med følgende alternativer:

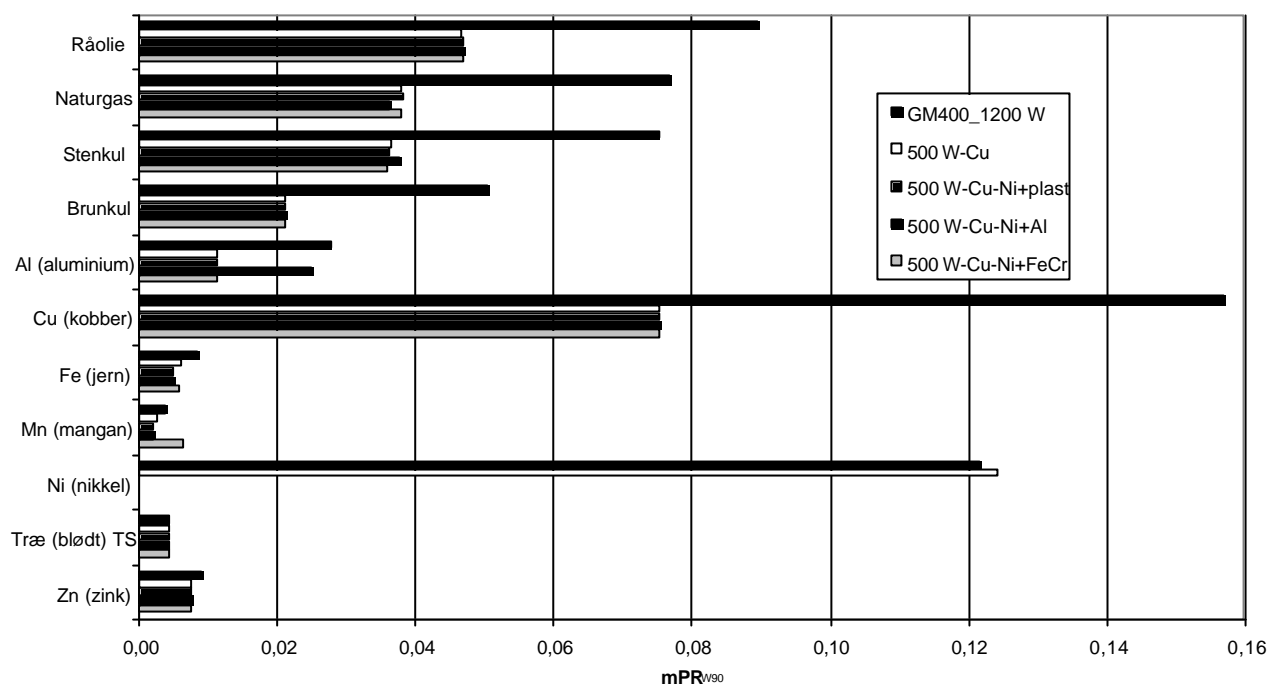
1. 500 W-Cu. En støvsuger hvor effekten er nedbragt til 500 watt som beskrevet i afsnit 8.1 og hvor netto kobberforbruget er halveret gennem effektiviseret genvinding, f.eks. ved demontage eller optimeret shredding af elmotoren og recykling af enkeltmaterialerne.
2. 500 W-Cu-Ni+plast. Som 1., men hvor forniklede/ forkromede ståldele (rør og glideplade) er erstattet af plastdele. Der er regnet med at 0,6 kg ståldele er erstattet af 0,4 kg plastdele som indsamles til genvinding. Som plasttype er eksempelvis valgt ABS fordi dets fremstillingsenergi er repræsentativt for en række konstruktionsplaster, men ikke fordi det muligvis er den teknisk optimale løsning.
3. 500 W-Cu-Ni+Al. Som 1., men hvor forniklede/forkromede ståldele (rør og glideplade) yderligere er erstattet af aluminiumsdele. Der er regnet med at 0,6 kg ståldele er erstattet af 0,3 kg aluminiumsdele som indsamles til genvinding.
4. 500 W-Cu-Ni+Cr. Som 1., men hvor forniklede/forkromede ståldele (rør og glideplade) yderligere er erstattet af ferritisk rustfrit stål (13Cr stål), som ikke indeholder nikkel. Der er regnet med at 0,6 kg ståldele er erstattet af 0,6 kg ferritisk rustfri ståldele. Genvinding sker som for stål.



Figur 8. Miljøeffekter for standard støvsuger og optimerede støvsugere.

Figur 8 viser et markant fald i miljøeffekterne for 500 Watt støvsugerne i forhold til 1200 Watt støvsugeren. Dette står i direkte relation til det tilsvarende fald i energiforbruget i brugsfasen. 500 Watt støvsugerne imellem er der ingen nævneværdige forskelle, fordi de miljømæssige konsekvenser ved erstatning af 0,6 kg stål med andre materialer er meget lille set i forhold til den samlede mængde på knap 10 kg og især i forhold til miljøpåvirkningen fra energiforbruget. Der er dog forskelle for farligt affald, som især er tilknyttet stålforbruget. Oplysningerne om farligt affald er temmelig usikre.

### Vægtede ressourcer



Figur 9. Ressourceforbrug, standard støvsuger og optimerede støvsugere

Figur 9 viser en markant besparelse af fossile ressourcer for 500 Watt støvsugere i forhold til 1200 Watt støvsugeren, som står i direkte relation til faldet i energiforbrug i brugsfasen. Også forbruget af kobber og aluminium er faldet markant på grund af mere effektiv recirkulering af motoren. For 500 Watt støvsugeren med aluminiumsrør er faldet i aluminiumsforbrug ikke så markant, da der er regnet med et shreddertab på 25 %, som kan nedbringes eller undgås, hvis rør og eventuelt glideplade sendes direkte til aluminiumsgenvinding. Forbruget af nikkel elimineres helt ved at gå bort fra det forniklede og forkromede rør. For jern og zink er forskellene mellem de forskellige støvsugere kun små, men der er et øget forbrug af mangan fra rustfrit stål, da dette indeholder mere mangan end almindeligt stål. Træ berøres ikke, da det benyttes til manual og emballage, som er uberørt.

Da jern, zink og plast (fra råolie og naturgas) i figur 9 vægter mindre end aluminium og kobber består et alternativ til effektiviseret recykling i at erstatte aluminiumsdele i motoren med plastdele og sende alle motorer til kobbersmelteværker. Kobber udvindes herved effektivt, hvorimod det er tvivlsomt om jernet vil blive genvundet.

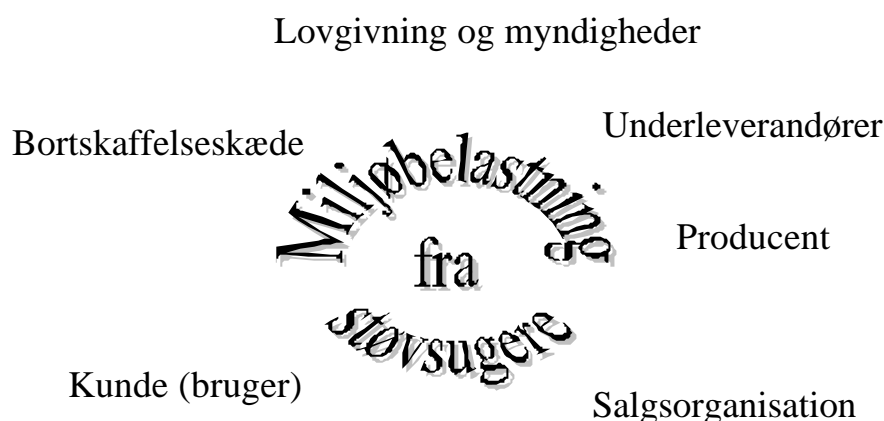


# 9 Teknisk og forretningsmæssig vurdering af miljømæssige forbedringspotentialer

De identificerede forbedringspotentialer kan i praksis kun forventes udført, hvis de udgør et salgsargument for kunderne og hvis de ikke koster for meget. Der er derfor gennemført en forretningsmæssig vurdering af de væsentligste forbedringspotentialer.

## 9.1 Aktørernes rolle

Der er en række forskellige aktører, som har indflydelse på miljøpåvirkningerne fra støvsugere. Nedenfor gives et skematisk overblik over disse. En økonomisk vurdering af de skitserede løsninger gives i afsnittet ”Teknisk forretningsmæssig vurdering”.



### 9.1.1 Producenter og underleverandører

Disse aktører omfatter støvsugerproducenter og underleverandører af delkomponenter. Deres muligheder for reduktion af miljøbelastningen er primært ved udvikling af mere energieffektive støvsugere samt ved miljøhensyn ved valg af materialer og komponenter. Eksempelvis er der mulighed for at designe og fremstille støvsugere og dele hertil med bedre virkningsgrad, lavere energiforbrug og så de er adskillelsesvenlige i forbindelse med bortskaffelse.

Inden for støvsugere er udviklingen gået mod energimæssigt kraftigere støvsugere som har været et salgsparameter for kunderne. Den kraftige effekt har imidlertid nået et niveau, hvor den ikke længere er funktionsmæssigt begrundet. Producenter af støvsugere har inden for kundernes økonomiske rammer mulighed for at konstruere støvsugeren så tabsfrit som muligt og med brug af færre sparsomme ressourcer. Prisen for disse løsninger kan være højere end for ”standardløsninger” og prisen må afvejes mod kundernes økonomiske fordele eller forventninger. Generelt vil producenterne næppe

lægge vægt på miljøforbedrende løsninger medmindre kundekrav eller forventninger om kundekrav berettiger det.

### 9.1.2 Kunder og salgsorganisation

Kunderne spiller en væsentlig rolle, da de har mulighed for at efterspørge de energibesparende og miljørigtige løsninger. Der er her fokuseret på de private kunder, men professionelle kunder til støvsugere udgør ligeledes et væsentligt marked. Kundens valg er et prisspørgsmål og et spørgsmål om støvsugerens image og brugsegenskaber, herunder energiforbrug og miljø. Kunderne kan f.eks. informeres herom via oplysningskampagner i relevante medier, elsparevejledning m.m. Der vil nok være forskel på bevæggrundene hos den private og den professionelle bruger for at købe energibesparende og miljøvenlige støvsugere. For den professionelle vil driftsøkonomi og miljøcertificering antageligt indgå i overvejelserne, hvor det for den private nok mere er et spørgsmål om holdninger, da støvsugere i private hjem bruger for lidt energi til at den økonomiske fordel ved besparelse kan gøres gældende som salgsargument. Kunderne kan/bør også stille krav til producenterne om f.eks. indholdet af begrænsede ressourcer i komponenter, dvs. efterspørge alternative materialer. Salgsorganisationerne, dvs. producentens markedsafdeling, importører og forhandlere, kan komme til at spille en væsentlig rolle i forbindelse med vejledning af kunderne mht. til valg af miljørigtige støvsugere, og herunder informere kunderne om støvsugeres virkningsgrad og nødvendige effektforbrug.

### 9.1.3 Bortskaffelseskæde

Støvsugere vil ifølge et forslag til EU direktiv for elektronikskrot normalt blive bortskaffet med henblik på genvinding efter endt brug. EU-direktivet stiller krav om genvinding af mindst 80% af elektronik generelt inden år 2006. Nogle forhold bør have særlig opmærksomhed: Elektromotorer bør genvindes af virksomheder, som er specialiserede i at udvinde kobber af elmotorer, da tabet af kobber kan være stort ved traditionel genvinding via shredder, idet kobber vindingerne har tendens til at blive viklet ind i jernet. Der er dog en øget opmærksomhed på dette i genvindingsbranchen. Der findes meget plast i en støvsuger, og hovedkomponenterne af de forskellige typer bør genvindes hver for sig. Korrekt håndtering af de påpegede forhold kan f.eks. sikres ved tydelig information på de pågældende komponenter samt ved information, både specifikt for produktet og generelt.

### 9.1.4 Lovgivere og myndigheder

Lovgivere og myndigheder har muligheder for at påvirke ved at vedtage og forvalte love, vejledninger og reguleringer, som stimulerer miljørigtige løsninger. EU direktivet er nævnt med hensyn til bortskaffelse af støvsugere. Støvsugere bruger grundet den begrænsede brugstid en forholdsvis lille del af en husstands energiforbrug, så det er næppe sandsynligt at myndigheder vil fokusere specifikt på dette, men generelle krav til husholdningsmaskiners effektforbrug og begrænsning af uønskede materialer kan måske komme på tale. Endelig er der mulighed for at stimulere en miljørigtig udvikling af støvsugere gennem miljømærkeordninger (f.eks. EU's blomst og det Nordiske svanemærke), eller direktiver. EU arbejder på et direktiv til miljørigtig udvikling af elektriske apparater (EU, 2001).



## 9.2 Forretningsmæssige muligheder

På baggrund af den positive tilbagemelding på undersøgelsen af de forretningsmæssige muligheder er der foretaget en teknisk forretningsmæssig opsummering af løsningsmulighederne beskrevet i forrige kapitel.

En teknisk forretningsmæssig vurdering baseret på økonomiske fordele for forbrugeren er ikke foretaget, da den økonomiske besparelse ved en lavenergi støvsuger som før nævnt nok spiller for lille en rolle – det drejer sig om ca. 50 kr. årligt. Ved køb af støvsugere indgår formentlig i høj grad forventninger om holdbarhed og brugsegenskaber i forhold til prisen, i al fald når man har besluttet at købe en støvsuger i mellem eller ”high end” gruppen og ikke en særlig prisbillig støvsuger. Det kunne dog være interessant at vide, hvor meget mere en forbruger vil betale for et mere miljøvenligt produkt, men erfaringen fra nogle af de andre produktfamilier peger på, at det drejer sig om 10-15 % merpris.

10-15 % merpris vil for støvsugere i mellem og high end gruppen betyde en merpris på 100-200 kr. Dette beløb kan tjenes hjem i løbet af 2 – 4 år hvis man vil argumentere i forhold til pris.

Nogle af de foreslåede tekniske løsninger, så som rør og andre dele i alternative og ikke ressourceforbrugende materialer, kan antageligt etableres uden meromkostning. For 100-200 kr merpris er det desuden realistisk med et vist produktionsvolumen at arbejde med mere energieffektive og energibesparende motorer og ventilatorer, og med at nedbringe støvsugerens tryktab etc.



# 10 Referencer

- Dannheim, F.: Personlig kommunikation, TU-Darmstadt, 1998
- Erichsen, H.: Personlig kommunikation, DTU, 1999
- EU: Draft proposal for European Parliament and Council Directive on Waste Electrical and Electronic Equipment, EU 1999.
- EU: Environmentally-friendly electrical and electronic equipment – proposal for an EEE Directive, EU 2001.  
[http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr\\_equipment/eee/index.htm](http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment/eee/index.htm)
- Eurostat: Energy Balance Sheets 1994-95, Eurostat, 1997
- Frees, N. & Pedersen, M. A.: UMIP enhedsprocesdatabase, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996.
- Forbrugerstyrelsen: Råd & Resultater no. 5/98 s. 22, København, 1998.
- Gydesen et. al.: Renere teknologi på energiområdet, Miljøprojekt nr. 138, Miljøstyrelsen, København 1990.
- Hauschild, M. & Wenzel, H.: Environmental Assessment of Products, Volume 2: Scientific background, Chapman & Hall, 1998.
- Hermansen, P. R.: Bortskaffelse af elektroniske produkter samt miljøvurdering af en Nilfisk GM 400 støvsuger, Eksamensprojekt, DTU, Lyngby 1999.
- ISO 14040: Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, ISO 1997.
- ISO 14041: Environmental management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analyses, ISO 1998a.
- ISO 14042: Environmental management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, draft, ISO 1998b.
- Larsen, P.N.: Personlig kommunikation, NKT research, 1999.
- Miljøstyrelsen: UMIP PC-værktøj, version 2.11 beta, Miljøstyrelsen, 1999.
- Mortensen, A-L.: Personlig kommunikation, Brdr. Hartmann, 1994.
- Mølgaard, C.: Environmental Analyses of disposal of plastics waste, Ph.D. afhandling, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby 1995
- Olufsen, P. (1995). Ventilationsanlæg med lavt energiforbrug. SBI-anvisning 188. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.
- Poulsen, T. R.: Personlig kommunikation, Nilfisk, 1999.

Villumsen, H.: Personlig kommunikation, Nilfisk, 1999.

Wenzel, H., Hauschild, M. og Rasmussen, E.: Miljøvurdering af Produkter, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996a.

Wenzel, H., redaktør: Miljøvurdering i produktudvikling – 5 eksempler, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996b.

# Bilag A. Matrix-LCA

## Formål

Formålet med denne matrix-LCA er at etablere et grundlag for afgrænsning og fokusering af den LCA, som udføres for produktet.

## Forudsætninger

Der er udført matrix-LCA for Nilfisk GM400 med 12 års levetid. Der er desuden udført matrix-LCA for en tilsvarende støvsuger med den generelle levetid 10 år for at se om konklusionerne ændrer sig væsentligt. Resultaterne er beregnet for 1 stk. støvsuger i hele levetiden.

Der er regnet med kumulerede og primære energiforbrug beregnet ud fra følgende forudsætninger:

- Al energi er terminal, dvs. regnet tilbage til ressourcerne.
- Virkningsgrad beregnes ud fra både energiforbrug til udvinding, raffinering og transport af brændsler (precombustion) og virkningsgrad ved selve energikonverteringen, dvs. der er tale om en samlet virkningsgrad.
- For el. energi er regnet med en samlet virkningsgrad på 36%, således at 1 kWh direkte el. energiforbrug svarer til 10 MJ primær energiforbrug.
- Materialernes kumulerede energiforbrug er beregnet fra oplysninger i UMIPs enhedsprocesdatabase (se tabel sidste side i bilag a). For materialer som ikke er i tabellen er antaget:  
Papir/pap: 40 MJ/kg  
Andre plast: 100 MJ/kg  
Andet: 80 MJ/kg
- Energiforbruget til produktion antages at være 2,5 kWh per kg produceret produkt, hvilket er et erfaringstal for sammensatte jern- og metalprodukter (Gydesen et. al., 1990).
- Energiforbruget til oparbejdning svarer til det kumulerede energiforbrug for genbrugsmaterialer i tabellen. De benyttede genvindingsgrader er, idet der for metallerne regnet med bortskaffelse via shredder: Metallerne fortrænger 100 % primært materiale, papiret 83 % (se afsnit 4.1)  
Jern og stål: 95 %  
Aluminium: 75 %  
Kobber: 50 %  
Papir: 95 %
- Ved forbrænding af papir og plast er regnet med 75% virkningsgrad, somfortrænger anden energi med 85 % virkningsgrad, dvs. brændværdierne (15 MJ/kg for papir og 40 MJ/kg for plast) multipliceres med en faktor 0,75/0,85.
- Transportenergiforbrug er beregnet fra oplysninger i UMIPs enhedsprocesdatabase.

## Sammenfatning og konklusion

Ca. 90 % af energiforbruget ligger i brugsfasen. Af de øvrige faser udgør materialefasen den største andel.

Konklusionen er, at optimering af støvsugere skal fokusere på energiforbruget ved brug, dvs. nedbringning af støvsugerens energiforbrug.

Det er ikke muligt ved en matrix LCA at afgøre om begrænsede ressourcer, så som kobber og nikkel eller zink på rør og plade, eventuelt har en synlig vægt.

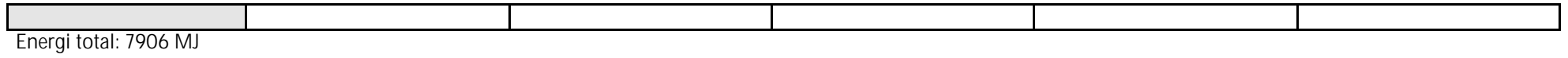
MatrixLCA, Støvsuger (GM400)

Enhed: 1stk.

Drift & levetid: 50 h/år i 12 år.

Bortskaffelse: 100% scredder

Kilde til miljøproblemer	Råvarefasen	Produktions-fasen	Brugsfasen	Bortskaffelses-fasen	Transport
Materialer kg	Stål: 2,11 kg Aluminium: 0,45 kg Kobber: 0,30 kg PP/PE: 3,39 kg ABS: 0,57 kg PVC: 0,35 kg Andre plast: 0,82 kg Papir/pap: 1,41 kg Andet: 0,31 kg		Papir: 2,92 kg PE: 0,04 kg	<i>Forbrændes:</i> Papir: 2,92 kg Plast: 5,13 kg <i>Genvindes:</i> Stål: 2,0 kg Aluminium: 0,34 kg Kobber: 0,15 kg Papir/pap: 1,3 kg	Lastbil <16t: 33130 kgkm
Energi Brændsler (MJ) El , direkte (kWh) El, primær (MJ) MJ er primær energi	Stål: 69,6 MJ Aluminium: 76,5 MJ Kobber: 27 MJ PP/PE: 250 MJ ABS: 48 MJ PVC: 20 MJ Andre plast: 80 MJ Papir/pap: 56 MJ Andet: 25 MJ  I alt: 652 MJ (8,2%)	El: Ca. 2,5 kWh/kg x 9,7 kg = 24 kWh ~ 240 MJ (3,0%)	Elforbrug: (1,2 kW) 720 kWh ~ 7.200 MJ (91,1%)  Papir: 117 MJ (1,5%)	<i>Forbrændes:</i> Papir: -39 MJ Plast: -181 MJ <i>Genvindes:</i> Stål: (-66+36) = -30 MJ Aluminium: (-57,8+3,1) = -54,7 MJ Kobber: (-13,5 +9) = -4,5 MJ Papir/pap: (-43,2+15,6) = -26,8 MJ  I alt: -336 MJ (-4,2%)	33 MJ (0,4%)
Kemikalier kg					
Andet		Nikkel og zink i overfladebelægning			





## MatrixLCA, Støvsuger (generelt)

Enhed: 1stk.

Drift &amp; levetid: 50 h/år i 10 år.

Bortskaffelse: 100% scredder

Kilde til miljøproblemer	Råvarefasen	Produktions-fasen	Brugsfasen	Bortskaffelses-fasen	Transport
Materialer kg	Stål: 2 kg Aluminium: 0,3 kg Kobber: 0,30 kg PP/PE: 3,4 kg ABS: 0,7 kg PVC: 0,35 kg Andre plast: 0,8 kg Papir/pap: 1,4 kg Andet: 0,3 kg		Papir: 2,48 kg (poser & filtre)	<i>Forbrændes:</i> Papir: 2,48 kg Plast: 5,25 <i>Genvindes:</i> Stål: 1,9 kg Aluminium: 0,23 kg Kobber: 0,15 kg Papir/pap: 1,3 kg	Lastbil <16t: 33130 kgkm
Energi Brændsler (MJ) El , direkte (kWh) El, primær (MJ)  MJ er primær energi	Stål: 66 MJ Aluminium: 51 MJ Kobber: 27 MJ PP/PE: 250 MJ ABS: 59 MJ PVC: 20 MJ Andre plast: 80 MJ Papir/pap: 56 MJ Andet: 25 MJ  I alt: 634 MJ (9,5%)	El: Ca. 2,5 kWh/kg x 9,6 kg = 24 kWh ~ 240 MJ (3,6%)	Elforbrug: (1,2 kW) 600 kWh ~ 6.000 MJ (89,7%)  Papir: 99 MJ (1,5%)	<i>Forbrændes:</i> Papir: -33 MJ Plast: -185 <i>Genvindes:</i> Stål: $(-62,7+34,2) = -28,5$ MJ Aluminium: $(-39,1+2,1) = -37$ MJ Kobber: $(-13,5 +9) = -4,5$ MJ Papir/pap: $(-43,2+15,6) = -26,8$ MJ  I alt: -315 MJ (-4,7%)	33 MJ (0,5%)
Kemikalier Kg					
Andet		Nikkel og zink i overfladebelægning			

Energi total: 6691 MJ



Tabel 1 **Energiindhold, råvarer**

25. februar 1997, NF

Materiale	Procesenergi (MJ/kg) (- = til jord)	Brændværdi (MJ/kg)	Kilde
<b>Metaller</b>			
Aluminium (100% primær)	171 -	(31)	1
Aluminium (100% primær)	168 -	(31)	10
Aluminium (100% genbrugs)	9,3 -	(31)	4
Aluminium AlSi12 (100% genbrugs Al, primær Si)	32 -	(31)	4, 9
Kobber (100% primær)	90 -		4
Kobber, støbekvalitet (82% primær)	67 -		4
Messing	70 -		4
Nikkel (100% primær)	167 -		4
Stål (89% primær)	33 -		4, 9
Stålplade (90% genbrugs)	18 -		4, 6
Rustfrit stål (stor del genbrugs)	44 -		4
Zink	62 -		4
<b>Polymer materialer</b>			
ABS	47 -	37	3
PA	127 -	29	3
PC	78 -	29	3
PE, LD	32 -	43	7
PE (100% genbrugs)	13 -	43	4, 9
PETP (PET)	53 -	31	3
UP	47 -	31	3
PP	30 -	44	7
PPE	83 -	27	8
PS, slagfast	56 -	40	7
PVC	40 -	17	7
SAN	45 -	35	3
SB	41 -	40	3
<b>Kemikalier</b>			
Isocyanater (MDI)	81 -	29	3
Polyoler	48 -	29	3
PUR	61 -	29	3
Silicone	78	?	5
<b>Andet</b>			
Bølgepap (100% genbrugs)	12 -	15	4, 9
Glas (100% primær)	10 -		1, 4
Glas (100% genbrugs)	6,8 -		4
Glasfiber	50 -		3
Gummi (syntetisk)	65	?	5
Olie, raffinerede produkter	4,5 -	42,5	7
Naturgas	5,1 -	48,5 (39 pr. Nm <sup>3</sup> )	7
Stenkul	2,9 -	29,5	1

- 1 Oekobilanz von Packstoffen, BUWAL, Bern 1991
- 2 "Aluminium ur energi -och miljösynspunkt", Gränges 1991.
- 3 Energieaufwand zur Herstellung von Werkstoffen, H. Kindler und A. Nikles, Kunststoffe 12 (1980).
- 4 IPU, LCC
- 5 Gydesen et al, Miljøprojekt 138, 1990
- 6 Det Danske stålvalseværk
- 7 APME, Eco-profiles for the European Plastic Industry
- 8 Vurdering v. C. Mølgaard, LCC - udfra sammenhæng mellem pris og energiindhold.
- 9 Anonym producent
- 10 EAA, European Aluminium Association

# Bilag B. Beregningsresultater, vægtede

Vægtningsresultater, Nilfisk GM 400, opgjort per år

Drivhuseffekt	6,08E+00	mPEM_wdk2000
Human Toksicitet	7,30E-01	mPEM_wdk2000
Øko-toksicitet	5,63E+00	mPEM_wdk2000
Persistent toksicitet	3,33E+00	mPEM_wdk2000
Volumenaffald	3,36E+00	mPEM_wdk2000
Farligt affald	1,71E+00	mPEM_wdk2000
Radioaktivt affald	1,37E+01	mPEM_wdk2000
Slagge og aske	4,32E+00	mPEM_wdk2000
Forsuring	4,11E+00	mPEM_wdk2000
Fotokemisk ozon-1 (lavNOx)	5,56E-01	mPEM_wdk2000
Fotokemisk ozon-2 (højNOx)	5,61E-01	mPEM_wdk2000
Næringssaltbelastning	8,81E-01	mPEM_wdk2000
Al (aluminium)	2,79E-02	mPR_w90
Brunkul	5,06E-02	mPR_w90
Cu (kobber)	1,57E-01	mPR_w90
Fe (jern)	8,66E-03	mPR_w90
Mn (mangan)	4,03E-03	mPR_w90
Naturgas	7,70E-02	mPR_w90
Ni (nikkel)	1,22E-01	mPR_w90
Råolie	8,97E-02	mPR_w90
Stenkul	7,54E-02	mPR_w90
Træ (blødt) TS	4,40E-03	mPR_w90
Zn (zink)	9,24E-03	mPR_w90

Vægningsresultater, Nilfisk GM 400, opgjort per år, fasevis.

Drivhuseffekt	MAT+ST.KOM	3,60E-01	mPEM_wdk2000
Drivhuseffekt	TRANS UD	2,83E-02	mPEM_wdk2000
Drivhuseffekt	UNDG. PROD	-1,82E-01	mPEM_wdk2000
Drivhuseffekt	BORTSKAFF	2,32E-01	mPEM_wdk2000
Drivhuseffekt	BRUG	5,31E+00	mPEM_wdk2000
Drivhuseffekt	EGENPROD	3,31E-01	mPEM_wdk2000
Human Toksicitet	MAT+ST.KOM	6,19E-02	mPEM_wdk2000
Human Toksicitet	TRANS UD	7,35E-03	mPEM_wdk2000
Human Toksicitet	UNDG. PROD	-2,66E-02	mPEM_wdk2000
Human Toksicitet	BORTSKAFF	9,84E-03	mPEM_wdk2000
Human Toksicitet	BRUG	6,48E-01	mPEM_wdk2000
Human Toksicitet	EGENPROD	3,01E-02	mPEM_wdk2000
Øko-toksicitet	MAT+ST.KOM	3,83E-01	mPEM_wdk2000
Øko-toksicitet	TRANS UD	5,26E-07	mPEM_wdk2000
Øko-toksicitet	UNDG. PROD	-2,25E-01	mPEM_wdk2000
Øko-toksicitet	BORTSKAFF	3,74E-02	mPEM_wdk2000
Øko-toksicitet	BRUG	5,27E+00	mPEM_wdk2000
Øko-toksicitet	EGENPROD	1,61E-01	mPEM_wdk2000
Persistent toksicitet	MAT+ST.KOM	1,77E-01	mPEM_wdk2000
Persistent toksicitet	TRANS UD	4,60E-06	mPEM_wdk2000
Persistent toksicitet	UNDG. PROD	-9,80E-02	mPEM_wdk2000
Persistent toksicitet	BORTSKAFF	5,41E-02	mPEM_wdk2000
Persistent toksicitet	BRUG	3,07E+00	mPEM_wdk2000
Persistent toksicitet	EGENPROD	1,26E-01	mPEM_wdk2000